

# SYNCHRONOUS DRIVE CONTROL METHOD OF PRESS, AND PRESS USED THEREFOR

Publication number: JP2001300794

Publication date: 2001-10-30

Inventor: NARITA SHINICHI

Applicant: AIDA ENG LTD

Classification:

- international: **B30B15/14; B30B13/00; H02P5/00; H02P5/46; H02P29/00; B30B15/14; B30B13/00; H02P5/00; H02P5/46; H02P29/00;** (IPC1-7): B30B13/00; B30B15/14; H02P5/00; H02P5/46

- European:

Application number: JP20000122937 20000424

Priority number(s): JP20000122937 20000424

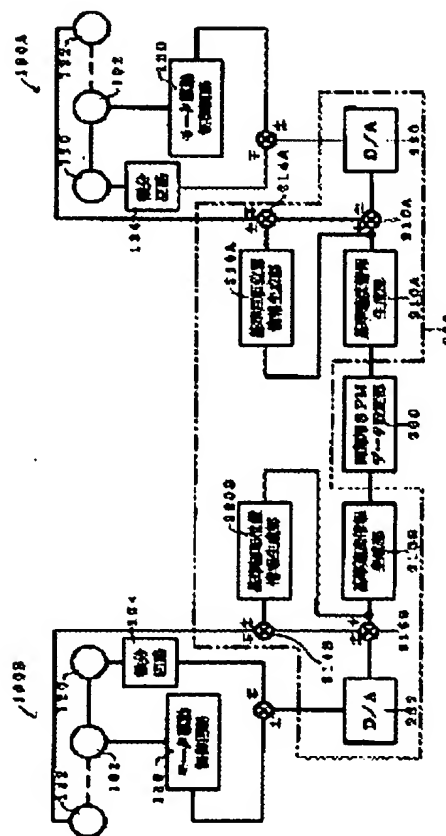
[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2001300794

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize the motor speed change command at high responsiveness and with high accuracy irrespective of a coupling/uncoupling state of a clutch by the synchronized operation control of a plurality of presses without being affected by the load fluctuation generated in one press. **SOLUTION:** This synchronous drive control method after coupling the clutch by the presses 100A, 100B comprises a step of detecting the actual speed of a motor 102, a step of detecting the actual rotational position of a drive shaft, a step of comparing the actual rotational position with the reference rotational position information from reference rotational position generation units 220A, 220B and correcting the reference speed information from reference speed information generation units 210A, 210B to the reference speed information specific to each press, and a step of controlling the drive of the motor 102 based on the specific reference speed information and the actual speed. The rate of change of the speed during the acceleration/deceleration of the reference speed information is reduced by an S-form setting unit.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 モータと、前記モータにより駆動されるフライホイールの回転力がクラッチを介して伝達される駆動軸と、前記駆動軸により駆動されるスライドとをそれぞれ有する複数台のプレス機を、各々の前記駆動軸の回転位置が同期するように駆動制御するプレス機の同期駆動制御方法において、  
 前記複数台のプレス機の各々に対して、各々の前記モータに基準速度情報を設定する第1工程と、  
 前記複数台のプレス機の各々の前記クラッチを断続する第2工程と、  
 前記複数台のプレス機の各々にて、設定された前記前記基準速度情報中の速度変化率を、前記クラッチの切断時には第1のレートで緩和された第1の速度変化率に変換し、前記クラッチの接続時には前記第1の速度変化率よりもさらに緩和された第2の速度変化率に変換する第3工程と、  
 前記複数台のプレス機の各々にて、前記第1または前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報に基づいて基準回転位置情報を生成する第4工程と、  
 前記複数台のプレス機の各々にて、前記クラッチの切断時に前記モータを駆動制御する第5工程と、  
 前記複数台のプレス機の各々にて、前記クラッチの接続時に前記モータを駆動制御する第6工程と、  
 を有し、  
 前記複数台のプレス機の各々にて実施される前記第5工程は、  
 前記モータの実速度情報を検出する工程と、  
 前記実速度情報と前記第1の速度変化率を有する前記基準速度情報とに基づいて、前記モータを駆動制御する工程と、  
 を有し、  
 前記複数台のプレス機の各々にて実施される前記第6工程は、  
 前記モータの実速度情報を検出する工程と、  
 前記駆動軸の実回転位置情報を検出する工程と、  
 前記駆動軸の実回転位置情報と前記基準回転位置情報とを比較する工程と、  
 その比較結果に基づいて、前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報を各々の前記プレス機固有の基準速度情報に補正する工程と、  
 前記固有の基準速度情報と前記実速度情報とに基づいて、前記モータを駆動制御する工程と、  
 を有することを特徴とするプレス機の同期駆動制御方法。

【請求項2】 請求項1において、  
 前記基準速度情報中の速度変化率は、加速変化率と減速変化率とを含み、  
 前記第1、第2のレートの各々は、前記加速変化率を緩和する比率が、前記減速変化率を緩和する比率よりも高

く設定されていることを特徴とするプレス機の同期駆動制御方法。

【請求項3】 請求項1または2において、  
 前記基準速度情報は、前記複数台のプレス機の各々の前記モータに対して共通であることを特徴とするプレス機の同期駆動制御方法。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかにおいて、  
 前記第6工程は、前記複数台のプレス機の各々の前記クラッチの接続直後の所定期間内に、1台の前記プレス機の前記クラッチの接続特性に基づいて、前記基準回転位置情報を補正する工程を含むことを特徴とするプレス機の同期駆動制御方法。

【請求項5】 請求項1乃至3のいずれかにおいて、  
 前記第6工程は、前記複数台のプレス機の各々の前記クラッチの接続直後の所定期間内に、前記複数台のプレス機の各々にて固有の前記クラッチの接続特性に基づいて、前記基準回転位置情報を補正する工程を含むことを特徴とするプレス機の同期駆動制御方法。

【請求項6】 モータと、  
 前記モータにより駆動されるフライホイールの回転力の伝達を断続するクラッチと、  
 前記クラッチを介して伝達された動力によりスライドを駆動する駆動軸と、  
 前記モータの実速度情報を検出する第1の検出手段と、  
 前記駆動軸の実回転位置情報を検出する第2の検出手段と、  
 前記モータの基準速度情報を生成する第1の生成手段と、  
 前記前記基準速度情報中の速度変化率を、前記クラッチの切断時には第1のレートで緩和された第1の速度変化率に変換し、前記クラッチの接続時には前記第1の速度変化率よりもさらに緩和された第2の速度変化率に変換する速度変化率緩和手段と、  
 前記第1または前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報に基づいて、前記駆動軸の基準回転位置情報を生成する第2の生成手段と、  
 前記クラッチの接続時に、前記駆動軸の前記実回転位置情報と前記基準回転位置情報とのずれに基づいて、前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報を補正する補正手段と、  
 前記クラッチの切断時には、前記モータの実速度情報と前記第1の速度変化率を有する前記基準速度情報とに基づいて前記モータを駆動制御し、前記クラッチの接続時には、前記モータの実速度情報と、前記補正手段にて補正された前記基準速度情報とに基づいて前記モータを駆動制御するモータ駆動制御回路と、を有することを特徴とするプレス機。

【請求項7】 請求項6において、  
 前記基準速度情報中の速度変化率は、加速変化率と減速変化率とを含み、

前記第1、第2のレートの各々は、前記加速変化率を緩和する比率が、前記減速変化率を緩和する比率よりも高く設定されていることを特徴とするプレス機。

【請求項8】 請求項6または7において、前記第1の生成手段は、前記クラッチの接続直後の所定期間内に、前記クラッチの接続特性に基づいて、前記基準速度情報を補正する補正ブロックを有することを特徴とするプレス機。

【請求項9】 請求項6乃至8のいずれかにおいて、前記第2の生成手段は、前記第1の生成手段からの前記基準速度情報に基づいて、所定単位時間毎の前記駆動軸の単位回転位置情報を生成する第1の生成ブロックと、前記単位回転位置情報を前記所定期間毎に累積して、前記基準回転位置情報を生成する第2の生成ブロックと、を有することを特徴とするプレス機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数台のプレス機を、各々のプレス機の駆動軸の回転位置が同期するように駆動制御するプレス機の同期駆動制御方法及びそれに用いるプレス機に関する。

【0002】

【背景技術】従来より、複数台のプレス機を例えば位相差0で同期運転することが試みられている。この種のプレス機は、モータ出力をフライホイールに伝達し、その回転動力をクラッチを介して、スライドを駆動するクランク軸等に伝達して、金型を駆動している。

【0003】そして、従来の位相同期方法は、複数台の中の1台をマスター機とし、残りをスレーブ機とし、マスター／スレーブ方式で制御されていた。

【0004】このとき、従来例ではマスター機はモータのエンコード出力を基準速度情報と比較し、その差分に基づいてモータが基準速度で回転するように、モータを速度制御していた。つまり、マスター機ではクランク軸の位置情報に基づく制御は実施していなかった。

【0005】一方、残りのスレーブ機では、マスター機と位相が合うように、マスター機のクランク軸の位置情報に基づいて位置補正制御していた。具体的には、マスター機とスレーブ機の各クランク軸の回転位置情報が、各クランク軸に設けられたエンコーダより得られる。そして、マスター機のクランク軸の位置と、各スレーブ機のクランク軸の位置との差分を得て、その差分を相殺するように各スレーブ機のモータを制御していた。

【0006】一方、複数台のプレス機を所定の位相差をもって同期運転することも可能である。この場合、マスター機のクランク軸の位置と、スレーブ機のクランク軸の位置との間に所定の位相差が生ずるように、スレーブ機のモータを制御すればよい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のような同期制御

方法では、マスター機に生じたプレス加工時のフライホイールエネルギー放出によるマスター機固有の負荷変動などの外乱の悪影響が、各スレーブ機のモータ制御にも及び、負荷慣性の大きなプレス機においては高い同期精度を得ること困難であるという問題があった。

【0008】このように、従来はマスター機にはそれ固有の運転状況がありながら、スレーブ機の位相を無理やりマスター機の位相に合わせていた。この方法でマスター／スレーブ間で同期制御を行い、あるいは所定の位相差が付けられたとしても、マスター機での外乱を加味してスレーブ機を制御することは、スレーブ機に与える負荷も過大とり、不必要な速度変動や同期精度の悪化が発生していた。

【0009】そこで、本発明の目的は、複数台のプレス機を同期運転するに際して、ある一台のプレス機に生じた負荷変動が、他のプレス機に外乱として影響することなく、しかもクラッチの接続／切断状態に拘わらず、モータ速度変化指令に高応答、高精度に対応できるプレス機の同期駆動制御方法及びそれに用いるプレス機を提供することにある。

【0010】本発明の他の目的は、モータのトルク・パワーをフライホイールの加速／減速のためにフル活用し、加速／減速時間を短縮し、段取り時間・待ち時間を短縮することができるプレス機の同期駆動制御方法及びそれに用いるプレス機を提供することにある。

【0011】本発明のさらに他の目的は、クラッチ接続運転時には、加減速時間延長によりモータの加速／減速トルクを抑制し、プレス加工によるフライホイールのエネルギー放出後の回復機能と同期制御精度とを、共に維持しつつ運転速度の変更を可能とすることができるプレス機の同期駆動制御方法及びそれに用いるプレス機を提供することにある。

【0012】本発明のさらに他の目的は、速度変更時にフライホイールが定速になるまでクラッチオフ状態を維持することを不要とし、運転操作性の自由度を拡大し、しかもモータへの過負荷を防止して、効率的に運転することができるプレス機の同期駆動制御方法及びそれに用いるプレス機を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の一態様は、モータと、前記モータにより駆動されるフライホイールの回転力がクラッチを介して伝達される駆動軸と、前記駆動軸により駆動されるスライドとをそれぞれ有する複数台のプレス機を、各々の前記駆動軸の回転位置が同期するように駆動制御するプレス機の同期駆動制御方法において、

【0014】前記複数台のプレス機の各々に対して、各々の前記モータに基準速度情報を設定する第1工程と、前記複数台のプレス機の各々の前記クラッチを断続する第2工程と、前記複数台のプレス機の各々にて、設定さ

れた前記前記基準速度情報中の速度変化率を、前記クラッチの切断時には第1のレートで緩和された第1の速度変化率に変換し、前記クラッチの接続時には前記第1の速度変化率よりもさらに緩和された第2の速度変化率に変換する第3工程と、前記複数台のプレス機の各々にて、前記第1または前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報に基づいて基準回転位置情報を生成する第4工程と、前記複数台のプレス機の各々にて、前記クラッチの切断時に前記モータを駆動制御する第5工程と、前記複数台のプレス機の各々にて、前記クラッチの接続時に前記モータを駆動制御する第6工程と、を有し、前記複数台のプレス機の各々にて実施される前記第5工程は、前記モータの実速度情報を検出する工程と、前記実速度情報と前記第1の速度変化率を有する前記基準速度情報とに基づいて、前記モータを駆動制御する工程と、を有し、前記複数台のプレス機の各々にて実施される前記第6工程は、前記モータの実速度情報を検出する工程と、前記駆動軸の実回転位置情報を検出する工程と、前記駆動軸の実回転位置情報と前記基準回転位置情報とを比較する工程と、その比較結果に基づいて、前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報を各々の前記プレス機固有の基準速度情報に補正する工程と、前記固有の基準速度情報と前記実速度情報とに基づいて、前記モータを駆動制御する工程と、を有することを特徴とする。なお、基準速度情報は、複数台のプレス機の各々のモータに対して共通とすることができる。

【0015】本発明の一態様によれば、複数台のプレス機の各々のモータに対して基準速度情報を設定し、この基準速度情報に基づいて、各々のプレス機での駆動軸の基準位置情報を生成している。この各基準位置情報は、いずれのプレス機の負荷変動の影響も受けないバーチャルマスタ信号として用いられる。そして、クランク軸の実回転位置情報と基準位置情報との差分（エラー）に基づいて、予め設定された基準速度情報を補正して、各々のプレス機固有の基準速度情報が求められる。このプレス機固有の基準速度情報と実速度情報とに基づいてモータを駆動制御することで、高精度な同期制御を実現できる。

【0016】しかも、基準速度情報中の速度変化率を、クラッチの切断時には第1のレートで緩和された第1の速度変化率に変換し、モータのトルク・パワーをフライホイールの加速／減速のためにフル活用して、クラッチの接続時には第1の速度変化率よりもさらに緩和された第2の速度変化率に変換している。このため、クラッチ切断時には、モータの定格の範囲内でトルク・パワーをフライホイールの加速／減速のためにフル活用して、加速／減速時間を短縮し、段取り・待ち時間を短縮できる。一方、クラッチ接続時には、加速／減速時間をより長くすることで、プレス加工毎のフライホイールエネルギー放出の回復機能と、同期制御精度とを共に維持しな

がら、運転中での速度変更が可能となる。

【0017】ここで、基準速度情報中の速度変化率は、加速変化率と減速変化率とを含む場合には、第1、第2のレートの各々は、加速変化率を緩和する比率が、減速変化率を緩和する比率よりも高く設定されていることが好ましい。減速時にはモータに作用する負荷を、ブレーキとして期待できるから、減速時には加速時ほど速度変化率を緩和させる必要がないからである。

【0018】上述した第6工程は、複数台のプレス機の各々のクラッチの接続直後の所定期間内に、1台のプレス機のクラッチの接続特性に基づいて、基準回転位置情報を補正する工程を含むことができる。あるいは、上述した第6工程は、複数台のプレス機の各々のクラッチの接続直後の所定期間内に、複数台のプレス機の各々にて固有のクラッチの接続特性に基づいて、基準回転位置情報を補正する工程を含むことができる。これにより、クラッチオン直後の駆動軸の位置制御をスムーズに実施することができる。

【0019】本発明の他の態様は、モータと、前記モータにより駆動されるフライホイールの回転力の伝達を断続するクラッチと、前記クラッチを介して伝達された動力によりスライドを駆動する駆動軸と、前記モータの実速度情報を検出する第1の検出手段と、前記駆動軸の実回転位置情報を検出する第2の検出手段と、前記モータの基準速度情報を生成する第1の生成手段と、前記前記基準速度情報中の速度変化率を、前記クラッチの切断時には第1のレートで緩和された第1の速度変化率に変換し、前記クラッチの接続時には第2のレートで前記第1の速度変化率よりもさらに緩和された第2の速度変化率に変換する速度変化率緩和手段と、前記第1または前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報に基づいて、前記駆動軸の基準回転位置情報を生成する第2の生成手段と、前記クラッチの接続時に、前記駆動軸の前記実回転位置情報と前記基準回転位置情報とのずれに基づいて、前記第2の速度変化率を有する前記基準速度情報を補正する補正手段と、前記クラッチの切断時には、前記モータの実速度情報と前記第1の速度変化率を有する前記基準速度情報とに基づいて前記モータを駆動制御し、前記クラッチの接続時には、前記モータの実速度情報と、前記補正手段にて補正された前記基準速度情報とに基づいて前記モータを駆動制御するモータ駆動制御回路と、を有することを特徴とする。

【0020】本発明の他の態様に係るプレス機を用いれば、上述した本発明の一態様に係るプレス機の同期駆動制御方法を好適に実施することができる。

【0021】このプレス機においても、第1、第2のレートの各々は、加速変化率を緩和する比率が、減速変化率を緩和する比率よりも高く設定できる。

【0022】ここで、第1の生成手段は、基準速度情報が速度変化を含む時に、速度変化率を緩和するように補

正する第1の補正ブロックを有することが好ましい。上述の通り、モータを定格内で駆動させて、モータに過負荷をかけないためである。

【0023】また、第2の生成手段は、クラッチの接続直後の所定期間内に、クラッチの接続特性に基づいて、基準回転位置情報を補正する第2の補正ブロックを有することが好ましい。

【0024】クラッチ接続直後もスムーズに駆動制御するためである。

【0025】また、第2の生成手段は、第1の生成手段からの基準速度情報に基づいて、所定単位時間毎の駆動軸の単位回転位置情報を生成する第1の生成ブロックと、その単位回転位置情報を所定期間毎に積算して、基準回転位置情報を生成する第2の生成ブロックと、を有することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0027】(プレス機本体の構成)図1には、同期駆動制御される第1、第2のプレス機100A、100Bと、その同期駆動制御を司る同期駆動制御用の周辺装置200が示されている。本実施の形態では、2台のプレス機100A、100Bが同期駆動制御される場合について説明するが、3台以上のプレス機の同期制御にも本発明を適用できる。また、図1に示す周辺装置200での同期制御はソフトウェアで実施されるが、ハードウェアで実施しても良い。

【0028】また、第1のプレス機100Aと周辺装置200を1組のプレス機とすることもできる。この場合、この1組のプレス機100A、200がマスター機として機能し、第2のプレス機100Bはスレーブ機として機能し、同期制御がマスター/スレーブ方式で実現される。

【0029】図1に示す第1、第2のプレス機100A、100Bは、共に共通の構成を有する。この第1、第2のプレス機100A、100Bの各々は、モータ例えば直流モータ102と、その駆動力が伝達されるフライホイール104とを有する。また、この第1、第2のプレス機100A、100Bの各々は、スライド106を駆動する駆動軸であるクランク軸108をさらに有する。フライホイール104の回転力は、電磁弁110によってオン(接続)、オフ(切断)されるクラッチ112を介してクランク軸108に伝達される。従って、モータ102が回転駆動されても、クラッチ112がオンされない限り、スライド106は昇降駆動されない。なお、第1、第2の駆動源は直流モータに限らず、インバータモータやサーボモータなど他の種類のモータであってもよい。

【0030】さらにこの第1、第2のプレス機100A、100Bの各々は、モータ102の実回転角度を検

出する第1のエンコーダ120と、クランク軸108の実回転角度を検出する第2のエンコーダ122とを有する。第1、第2のプレス機100A、100Bの各々には、第1のエンコーダ120の出力を時間で微分して、モータ102の実回転角速度を算出する微分器124が設けられている。この微分器124からの出力である実回転角速度は、速度フィードバック信号(SP<sub>DF</sub>/B)として機能する。また、このフィードバック信号と比較される速度基準信号(SP<sub>D</sub> REF.)は、周辺装置200から供給される。

【0031】第1、第2のプレス機100A、100Bには、速度フィードバック信号と速度基準信号とに基づいて、モータ102を電流駆動制御するモータ駆動制御回路130が設けられている。

【0032】このモータ駆動制御回路130は、速度フィードバック信号と速度基準信号との差をレギュレートする速度レギュレータ132と、速度レギュレータ132の出力を電流値にレギュレートする電流レギュレータ134と、電流レギュレータ134の出力に所定のレートを設定する電流レート設定部136と、そのレートに基づいて、モータ102の駆動回路140に供給されるゲートパルスを生成するゲートパルス発生器138とを有する。

【0033】(プレス機の動作モードについて)図1に示すプレスシステムにて実施可能な動作モードとして、図2及び図3に示す同期動作モードと、図4に示す単独動作モードとがある。これら同期動作モード及び単独モードは、図1に示す周辺装置200内のソフトウェアにより実施される。

【0034】図2及び図3に示す同期動作モードでは、モータ102の速度フィードバック制御に加えて、クランク軸108の回転位置フィードバック制御が実施されるのに対して、図4に示す単独動作モードでは、モータ102の速度フィードバック制御のみが実施される。

【0035】図2に示すように、第1、第2のプレス機100A、100Bの各クランク軸108を同期して駆動するために、同期SPM(STROKE PER MINUTE)データ設定部300が設けられている。この同期SPMデータ設定部300は、周辺装置200でなく、例えば第1のプレス機100Aに設けられている。この同期SPMデータ設定部300の出力に基づいて、各モータ102の基準速度情報を生成する基準速度情報生成部210が、第1、第2のプレス機100A、110Bに共通に設けられている。さらに、この基準速度情報生成部210の出力に基づいて、クランク軸108の基準回転位置情報を生成する基準回転位置情報生成部220が、第1、第2のプレス機100A、110Bに共通に設けられている。

【0036】図2に示す同期動作モードでは、第1、第2のプレス機100A、100Bの各々の第2のエンコ



ード122からのクランク軸回転位置情報と、基準回転位置情報生成部220からの基準回転位置情報との差分（エラー）が、差分器214A、214Bで求められる。この回転位置の差分は差分器216A、216B、に入力されて、基準速度情報生成部210からの基準速度情報を補正する。このように、第1のプレス機100A側で生じた回転位置の差によって補正された基準速度情報は、デジタル-アナログ変換器230を介して第1のプレス機100Aに入力される。同様に、第2のプレス機100B側で生じた回転位置の差によって補正された基準速度情報は、デジタル-アナログ変換器232を介して第2のプレス機100Bに入力される。

【0037】第1、第2のプレス機100A、100Bでは、各々のプレス機に固有の補正值によって補正された基準速度情報と、各々のモータの実速度情報との差に基づいて、各々のモータ駆動制御回路130が各々のモータ102を駆動制御している。

【0038】ここで、基準回転位置情報は第1、第2のプレス機100A、100Bのいずれの負荷変動の影響も受けることがない。よって、この基準回転位置情報を、第1、第2のプレス機100A、100Bに対する理想的なバーチャルマスタ信号として用い、第1、第2のプレス機100A、100Bにて個々に独立してクランク軸108の位置制御を実施している。このため、第1、第2のプレス機100A、100Bにて高応答、高精度の同期制御を実施することができる。

【0039】このような同期制御は、図3に示すように、プレス機100Aに対して専用の基準速度情報生成部210A及び基準回転位置情報生成部220Aを設け、プレス機100Bに対して専用の基準速度情報生成部210B及び基準回転位置情報生成部220Bを設けることでも同様に実施できる。

【0040】図3に示す構成を有する周辺装置200を用いれば、図4に示すように第1、第2のプレス機100A、100Bを同期させずにそれぞれ独立して駆動することも可能となる。

【0041】この単独動作モードを実施する際には、ソフトウェア上で回転位置情報に従った制御は実施されなくなる。すなわち、図4に示すように、第1のプレス機100Aのモータ102の速度制御は、第1のSPMデータ設定部302からのデータに基づいて基準速度情報生成部210Aにて生成された基準速度情報をデジタル-アナログ変換器230にてアナログ変換している。このアナログ変換された基準速度情報と、第1のエンコーダ120、微分回路124を経て得られる速度フィードバック信号とに基づいて、モータ102の駆動制御が実施される。第2のプレス機100Bでの速度制御も、第2のSPMデータ設定部304、基準速度情報生成部210B、デジタル-アナログ変換器232を用いて、第1のプレス機100Aと同様にして実施される。

【0042】（周辺装置の具体的構成）図5は、図3に示す同期動作モードと、図4に示す単独動作モードとを実施制御する周辺装置200のより具体的な構成を示している。なお、図5において図3及び図4に示した部材については、図3及び図4と同一の符号を用いて、その詳細な説明を省略する。

【0043】図5では、周辺装置200の構成として、第1のプレス機100Aのためのブロックのみを示し、これらと同一の構成を有する第2のプレス機100Bのためのブロックは省略されている。

【0044】第1のプレス機100Aのための構成として、基準速度情報生成部210Aと基準回転位置情報生成部220Aの詳細が図5に示されている。

【0045】基準速度情報生成部210Aは、同期動作モード（DUAL）の時には同期用SPMデータ設定部300からの信号を用い、単独動作モード（SINGLE）の時には第1のSPMデータ設定部302からの信号を用いるように構成されている。これらのモードに従った信号は、モータ102が駆動されている間に亘って供給される。

【0046】これらのモードに従った信号は、S-フォーム設定部212Aに入力される。例えば第1のプレス機100Aの運転中にSPMを変更するような場合に、プレス機100Aは、フライホイール・駆動軸・スライド等の大きな慣性負荷であるため、基準速度情報がステップ的に変化した時、実速度は基準速度情報のステップ変化と同様に、モータは追従変化出来ない。また、基準速度情報のステップ的变化をそのまま速度レギュレータにあたえると、モータ過負荷の原因となり、また、機械駆動機構部にも機械的ストレスを与え好ましくない。

【0047】そこで、S-フォーム設定部212Aは、基準速度情報が急激な速度変化（加速及び減速を含む）を含む場合には、その速度変化率を緩和させ、モータの定格内で過負荷を発生させることなく効率良く運転し、スムーズな加速及び減速が出来るように補正している。

【0048】S-フォーム設定部212Aでの補正の一例として、例えば第1のプレス機100Aでのモータ定格出力と機械的負荷条件（負荷トルク及び慣性）により決定される加減速特性を考慮した一次関数とコーナー部の補正曲線関数を利用している。図6（A）のような加速もしくは図7（A）のような減速を含む信号は、一次関数により処理されて、その速度変化率が緩和される。

【0049】図6（B）は、クラッチ接続時に図6（A）の信号の加速時の速度変化率を緩和させた後の信号を示し、図6（C）は、クラッチ切断時に図6（A）の信号の速度変化率を緩和させた後の信号を示している。図6（B）（C）の比較から分かるように、図6（B）に示すクラッチ接続時の速度変化率の方が、図6（C）に示すクラッチ切断時の速度変化率よりも、図6（A）の信号の速度変化率をより緩和させている。

【0050】この理由は下記の通りである。まず、クラッチ切断時には、モータ102のトルク・パワーをフライホイール104の加速または減速のためにフル活用するために、加速／減速時間を短縮している。これにより、クラッチ切断状態での段取り時間、待ち時間を短縮できる。一方クラッチ接続状態にあっては、フライホイール104のエネルギー放出によって実施されるプレス加工の度に、フライホイール104のエネルギーが放出され、それをモータ102のトルク・パワーによって回復しなければならない。従って、クラッチ接続時には、クラッチ切断時のようにモータ102の一部のトルク・パワーが奪われるため、クラッチ切断時よりも加速／減速時間を長く設定している。こうすることで、プレス加工毎のフライホイールエネルギー放出後の回復動作と、同期制御精度とを共に維持しながら、クラッチ接続状態での運転速度の変更が可能となる。これにより、従来は速度を変更した際にフライホイール104の加減速が終わって一定速度になるまでクラッチオフの状態を維持しなければならなかったが、本実施形態ではそのような必要はなく、運転操作の自由度が拡大する。

【0051】このことは、図7(B)(C)に示すように、減速時の速度変化率を緩和する場合も同様である。すなわち、図7(B)に示すクラッチ接続時の速度変化率の方が、図7(C)に示すクラッチ切断時の速度変化率よりも、図7(A)の信号の速度変化率をより緩和させている。

【0052】さらに、図6(B)と図7(B)との比較、及び図6(C)と図7(C)との比較から分かるように、加速時の速度変化率の方が減速時の速度変化率よりもさらに緩和されている。これは、減速時にはモータに作用する負荷を、ブレーキとして期待できるから、減速時には加速時ほど速度変化率を緩和させる必要がないからである。

【0053】このように制御することで、クラッチ112を切断した断取り時等では、フライホイール104の加減速時間の短縮させながら、クラッチ112を接続した同期運転時ではモータ102の加減速トルクを少なく抑えることができる。よって、加減速中でも高応答、高精度の同期制御を実現できる。

【0054】なお、このようなS-フォーム設定部212Aを、図2に示す基準速度情報生成部210に組み込むことも可能である。このとき、図2に示す基準速度情報生成部210は複数台のプレス機100A、100Bに対して1台しかないのので、いずれか加減速特性の長いプレス機に加減速特性を考慮してS-フォームを設定すればよい。

【0055】次に、図5に示す基準回転位置情報生成部220Aでは、S-フォーム設定部212Aからの速度情報が、 $\Delta\theta$ 生成部222Aに入力される。この $\Delta\theta$ 生成部222Aでは、S-フォーム設定部212Aからの速度

情報を、機械駆動機構部とモータ間の減速比率によって換算し、この周辺装置200でのデータ処理の1サイクル時間(単位時間)当たりの駆動軸の回転位置推移量を演算することで、その単位時間当たりに進行する角度推移情報 $\Delta\theta$ を得る。

【0056】この角度推移情報 $\Delta\theta$ は、マスター位相生成部224Aに入力される。マスター位相生成部224Aは、角度推移情報 $\Delta\theta$ を単位時間毎に積算し、駆動軸108の1回転相当毎(実回転位置情報最大値と同じ)にリセットすることで、図7に示す模式的に示す時間-角度の基準回転位置情報を得る。

【0057】本実施の形態では、この基準回転位置情報に対して所定の位相差を設定できる構成を設けている。すなわち、周辺装置200には位相差設定部250Aとレート設定部252Aとが設けられている。

【0058】ここで、基準回転位置情報にて定義される仮想のクランク軸108の位相を0と定義すると、位相差設定部250Aでは例えば $-90^\circ \sim +90^\circ$ の位相差を設定することが可能である。レート設定部252Aでは、位相差設定部250Aにて設定された位相差を、時間をかけて緩やかに変更させるためのレートを設定している。このように、位相差を緩やかに変更させているため、プレス稼働中でもモータに過大な負荷増大を与えることなく位相差を変更することが可能である。

【0059】位相差設定部250Aにて位相差が設定された場合には、マスター生成部224の出力段で、基準回転位置情報はレート設定部252Aからの位相レートに従って位相シフトされる。例えば、図8に示す基準回転位置情報は、図9に示すように位相シフトされる。

【0060】この基準回転位置情報は、クラッチオン／オフレート設定部226Aに入力される。このクラッチオン／オフレート設定部226Aは、クラッチのオン／オフ時にのみ、第1のプレス機100Aのクラッチ112での実際のクラッチ接続／切断特性に合わせて、基準回転位置情報を補正している。図10は、図8に示す基準回転位置情報をクラッチオン時のクラッチ接続特性に従って補正した状況を模式的に示している。図9によれば、クラッチオンの直後は回転位置変化はなだらかとなっている。

【0061】なお、このようなクラッチオン／オフレート設定部226Aを、図2に示す基準回転位置情報生成部220に組み込むことも可能である。このとき、図2に示す基準回転位置情報生成部220は複数台のプレス機100A、100Bに対して1台しかないのので、いずれかマスターとなるプレス機のクラッチ接続特性を考慮してレートを設定すればよい。

【0062】このクラッチオン／オフレート設定部226Aの出力に対して、第1のプレス機100Aの第2のエンコーダ122の出力(クランク軸108の実回転位置情報)がどれほどずれているかが差分器214Aにて



検出された後に、その差分情報が位相レギュレータ228Aに入力される。

【0063】位相レギュレータ228Aは、第1のプレス機100Aでのイナーシャや電気的特性等を考慮した補正量、ゲイン量で上記差分情報をレギュレートするものである。レギュレートされた差分情報に基づいて、差分器216Aにて基準速度情報が補正され、ディジタル-アナログ変換器230を介して第1のプレス機100Aに対する速度速度情報 (SPD REF.) として供給される。

【0064】このように、本実施の形態によれば、いずれのプレス機の負荷変動の影響を受けない基準回転位置情報を生成し、それを必要に応じて位相シフトさせ、その位相シフトされた基準回転位置情報と実回転位置情報との差分に基づいて、モータ102を駆動制御している。このため、例えば第1のプレス機100Aは位相シフト量0のままで運転し、第2のプレス機100Bに位相シフト量を設定すれば、両プレス機100A、100Bが所定の位相差をもって同期運転される。なお、第1、第2のプレス機100A、100Bにてそれぞれ異なる位相シフト量を設定すれば、両プレス機100A、100Bが所定の位相差をもって同期運転される。

【0065】また、図5に示す周辺装置200による同期駆動制御によれば、クラッチ接続特性に応じた補正または急加減速を緩和する補正を行っているため、クラッチオン直後の同期制御運転開始時から運転中の速度変更加減速に至るまで、第1、第2のプレス機100A、100Bに生ずる位置制御量のずれを最小にすることができる。従って、各モータ102に過負荷が生じたり、過渡的に制御量が増大することなく、スムーズな位置制御の開始/終了を実現することができる。

【0066】また、本実施の形態のプレスシステムを用いれば、比較的小型の複数台のプレス機と1台の周辺装置200を配置するだけで、多工程数の大型プレス機と同等の機能を発揮することが出来る。よって、設備投資費用を削減できるほか、複数台の小型プレス機を同期または非同期にて全体運転/一部運転することができ、生産形態のフレキシビリティが確保される。

【0067】(クラッチオン/オフタイミング制御について) 第1、第2のプレス機100A、100Bの同期駆動をするためには、第1、第2のプレス機100A、100Bのクラッチオンタイミングが重要な課題となる。なぜなら、第1、第2のプレス機100A、100Bでは、各クランク軸108が必ずしも位相差0の状態では停止しているとは限らないからである。

【0068】クラッチ接続の指示コマンドは、図5に示す操作部310上のボタンを操作することで、クラッチオン/オフタイミングコントローラ320に入力される。このクラッチオン/オフタイミングコントローラ320には、第1、第2のプレス機100A、100Bの

各第2のエンコーダ122の出力 $\theta 1$ 、 $\theta 2$  (クランク軸108の実回転位置情報) が記憶される $\theta 1$ メモリ322、 $\theta 2$ メモリ324が接続されている。これらのメモリ322、324からのデータ $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は、第1、第2のプレス機100A、100Bのクラッチ112がオフの時に、クラッチオン/オフタイミングコントローラ320に取り込まれる。

【0069】さらに、本実施の形態では、位相差設定部250Aにて設定された位相差が、レート設定部252Aを介してクラッチオン/オフタイミングコントローラ320に取り込まれる。

【0070】ここで、操作部310上の操作ボタンが操作されクラッチ接続コマンドがコントローラ320に入力されると、角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ の比較結果と、角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 間に設定された位相差とに基づいて、コントローラ320がクラッチオン動作を制御する。例えば、角度 $\theta$ を基準値とし、位相差を $\alpha$ としたとき、 $\theta 1 - \theta 2 > \theta + \alpha$ のときには、第2のプレス機100Bのクラッチ112が先に接続され、その後に第1のプレス機100Aのクラッチ112が接続される。 $\theta 1 - \theta 2 < -\theta + \alpha$ のときには、第1のプレス機100Aのクラッチ112が先に接続され、その後に第2のプレス機100Bのクラッチ112が接続される。もし、 $|\theta 1 - (\theta 2 - \alpha)| \leq \theta$ であれば、第1、第2のプレス機100A、100Bの各クラッチ112が同時に接続される。

【0071】第1のプレス機100Aのクラッチ112を接続するには、コントローラ320からの指令により図5中のクラッチオンリレー240Aがオンされる。これにより、図1の電磁弁110が作動してクラッチ112が接続される。図5では省略されているが、第2のプレス機100Bのクラッチ112を接続するためのクラッチオンリレーが周辺装置200内に配置されている。

【0072】ここで、例えば第1のプレス機100Aのクラッチ112を先に接続した場合、第2のプレス機100Bのクラッチ112をどのタイミングで接続するかについて、図11を参照して説明する。図11において、先行してクラッチ接続された第1のプレス機100Aのクランク軸108の実角速度 $\Delta \theta$ を示し、一定角速度で推移してきた場合とする。また、プレス機のクラッチ接続時の速度立ち上がり特性を説明簡略化のために一次関数を用いる。実際には、実機プレスのクラッチ接続時の速度立ち上がり特性の関数、もしくは、近似関数を用いて基準回転位置情報を補正している。

【0073】ここで、第1のプレス機100Aのクランク軸108が、時刻 $t_0$ での回転角の初期位置を $\theta 01$ としたとき、時刻 $t_0$ から時刻 $t_2$ までの間にクランク軸108が推移する角度 $\theta 1$ は、 $\theta 1 = \Delta \theta (t_2 - t_0) + \theta 01 \cdots (1)$

となる。この式(1)で示される推移角度は、図11にてハッチングされた四角領域の面積に相当する。

【0074】一方、第2のプレス機100Bでは、クランク軸108がその回転角度の初期位置 $\theta 02$ にあるときの時刻 $t 0$ にてクラッチオンの指令が出され、時刻 $t 1$ にてクラッチ112が接続され、時刻 $t 2$ までクランク軸108が推移する角度 $\theta 2$ は、

$$\theta 2 = \Delta \theta (t 2 - t 1) \cdot 1/2 + \theta 02 \cdots (2)$$

$$\Delta \theta (t 2 - t 0) + \theta 01 = \Delta \theta (t 2 - t 1) \cdot 1/2 + \theta 02 \cdots (3)$$

【0076】式(3)を変形して、第2のプレス機100Bにてクラッチオン制御を開始する時の第1のプレス

$$\theta 01 = -\Delta \theta (2t 0 + t 1 + t 2) / 2 + \theta 02 \cdots (4)$$

となる。

【0077】ここで、 $t 0 = 0$ 、 $\theta 02 = 0$ とすると、 $\theta 01 = -\Delta \theta (t 1 + t 2) / 2 \cdots (5)$

となる。この式(5)で示される角度は、図12にてハッチングされた2つの三角領域の和である台形領域の面積に相当する。

【0078】この式(5)の意味するところは、第2のプレス機100Bのクランク軸108の停止角度に対して、第1のプレス機100Bのクランク軸108が、式(5)で示される $\theta 01$ の角度の絶対値の角度だけ手前の角度に到達した時に、第2のプレス機100Bにてクラッチオン制御を開始すれば、時刻 $t 2$ にて第1、第2のプレス機100A、100Bの同期がとれることである。

【0079】このように、後にクラッチ接続されるプレス機の実際のクラッチ接続特性を考慮して、位相差0での同期制御開始が可能となる。

【0080】また、クラッチオフ時にも、各プレス機100A、100Bでのクラッチ切断特性等を考慮して、各プレス機のクラッチオフタイミングを制御しても良い。

【0081】以上の説明は、位相差が0の場合のクラッチオン、オフタイミングについてであるが、位相差が存在する場合には、さらにその位相差分だけクラッチオン、オフタイミングを進めるか送らせればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係るプレスシステムの概略説明図である。

【図2】図1に示すシステムにて各プレス機を同期動作させた時の周辺装置の一例を示す機能ブロック図である。

【図3】図1に示すシステムにて各プレス機を同期動作させた時の周辺装置の他の例を示す機能ブロック図である。

【図4】図1に示すシステムにて各プレス機を非同期動作させた時の周辺装置の機能ブロック図である。

【図5】図3に示す同期動作及び図4に示す非同期動作を実施できる周辺装置の機能ブロック図である。

【図6】(A)(B)(C)は、加速時の速度変化を有する基準速度情報と、その速度変化が緩和された基準速

となる。この式(2)で示される推移角度は、図11にてクロスハッチングされた三角領域の面積に相当する。

【0075】時刻 $t 2$ にて第1、第2のプレス機100A、100Bの各クランク軸108の同期がとれるためには、 $\theta 1 = \theta 2$ が成立する。よって、式(1)=式(2)から、

機100Aのクランク軸108の角度 $\theta 01$ は、

度情報とを示す特性図である。

【図7】(A)(B)(C)は、減速時の速度変化を有する基準速度情報と、その速度変化が緩和された基準速度情報とを示す特性図である。

【図8】図5のマスター位相生成器にて生成される基準回転位置情報を示す特性図である。

【図9】図8に示す基準回転位置情報を位相シフトした状態を示す特性図である。

【図10】図8に示す基準回転位置情報がクラッチ接続時に補正された補正後の基準回転位置情報を示す特性図である。

【図11】クラッチオンタイミングを説明するための特性図である。

【図12】クラッチオン制御の開始角度を説明するための特性図である。

【符号の説明】

100A 第1のプレス機

100B 第2のプレス機

102 モータ

104 フライホイール

106 スライド

108 クランク軸(駆動軸)

110 電磁弁

112 クラッチ

120, 124 第1のエンコーダ、微分器(第1の検出手段)

122 第2のエンコーダ(第2の検出手段)

130 モータ駆動制御回路

132 速度レギュレータ

134 電流レギュレータ

136 電流レート設定部

138 ゲートパルス発生器

140 駆動回路

200 周辺装置

210, 210A, 210B 基準速度情報生成部(第1の生成手段)

212A S-フォーム生成部(速度変化率緩和手段)

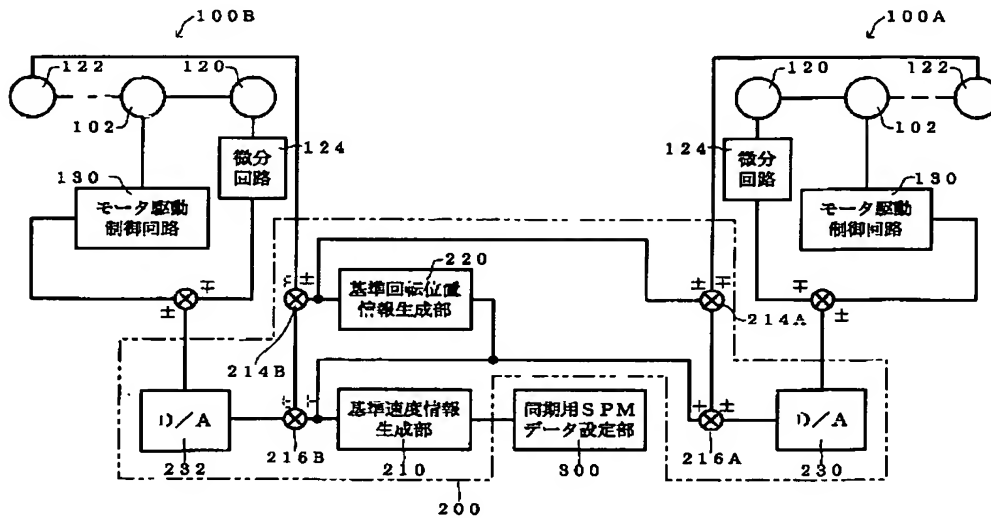
214A, 214B, 216A, 216B 差分器(補正手段)

222A  $\Delta \theta$ 生成部(第1の生成ブロック)

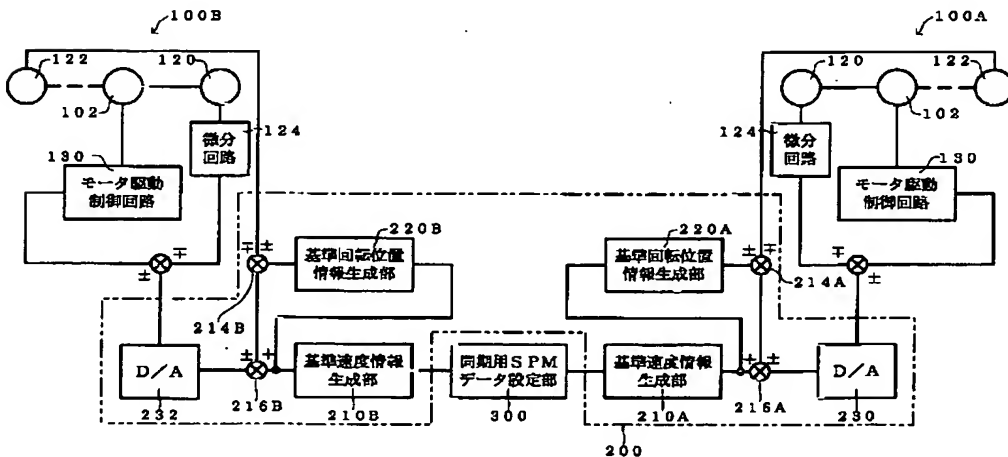
224A マスター位相生成部(第2の生成ブロック)  
 226A クラッチオン/オフレート設定部(補正ブロック)  
 228A 位相レギュレータ  
 220, 220A, 220B 基準回転位置情報生成部  
 (第2の生成手段)  
 230, 232 デジタル-アナログ変換器  
 240A クラッチオンスイッチ

250A 位相差設定部(位相差設定手段)  
 252A レート設定部  
 300 同期用SPMデータ設定部  
 302 第1のSPMデータ設定部  
 304 第2のSPMデータ設定部  
 310 操作部  
 320 クラッチオン/オフタイミングコントローラ  
 322, 324 メモリ

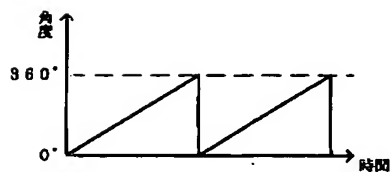
【図2】



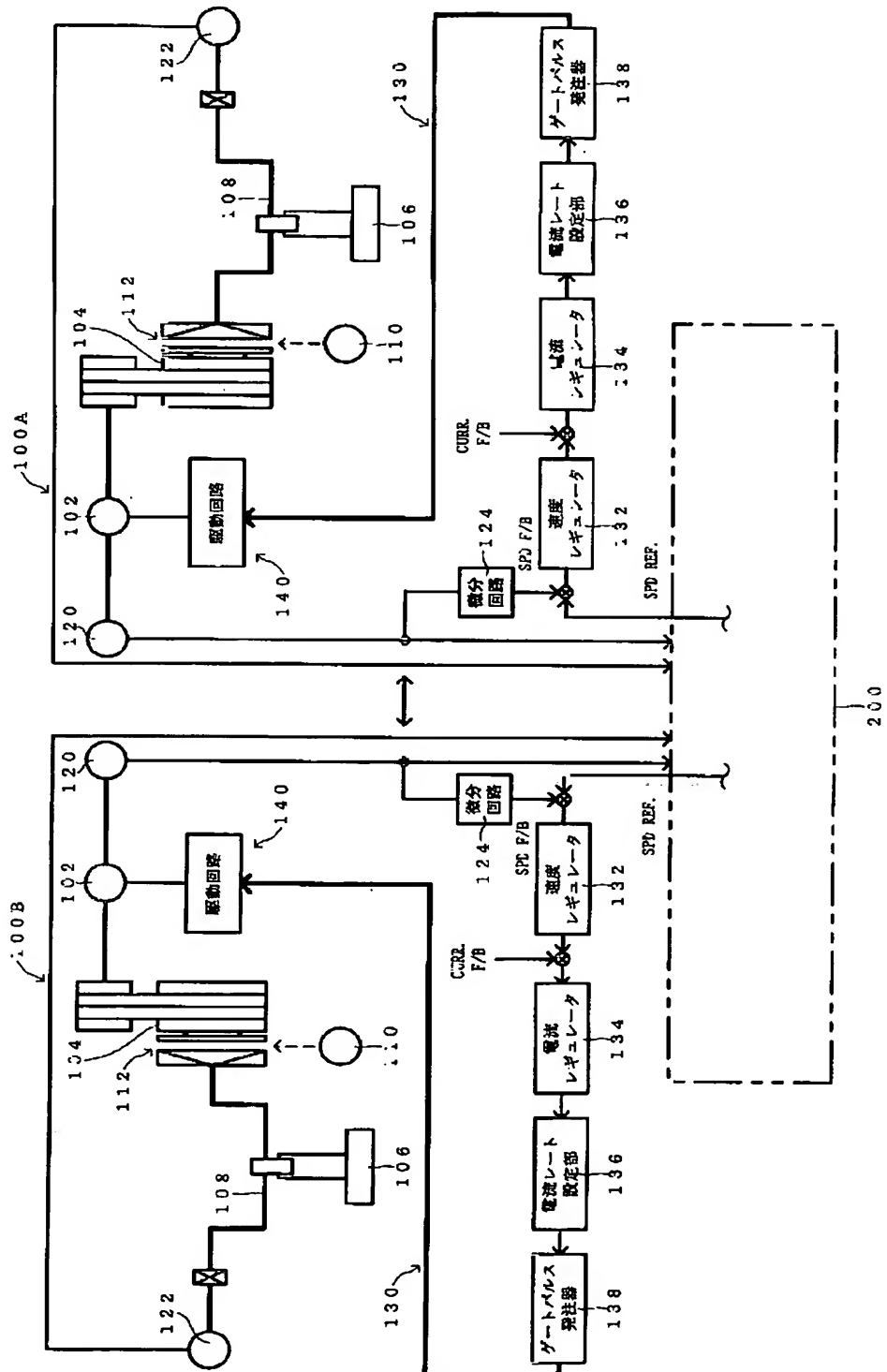
【図3】



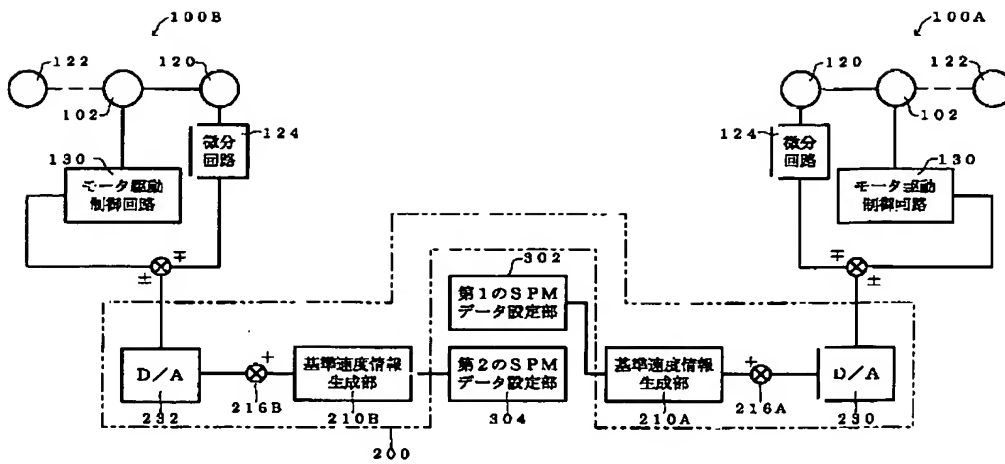
【図8】



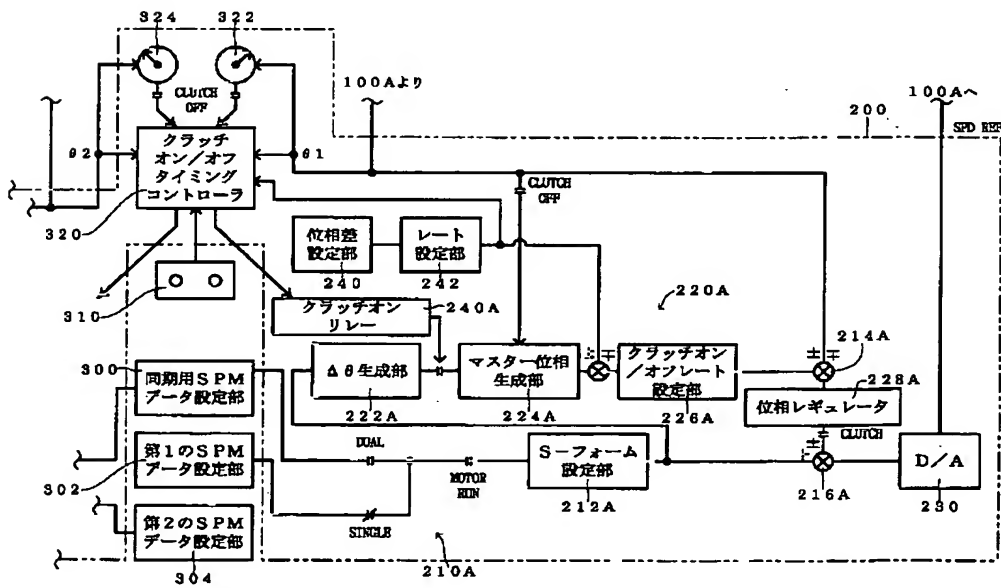
【図1】



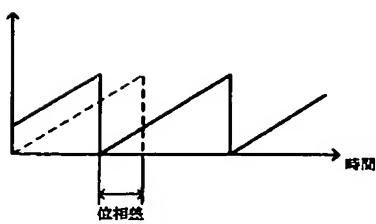
【図4】



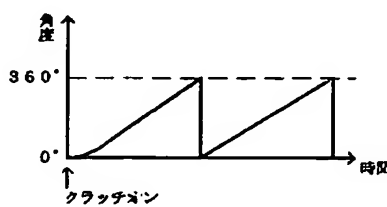
【図5】



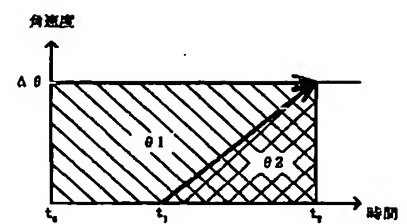
【図9】



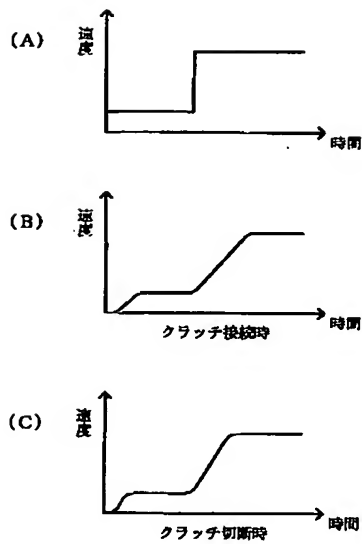
【図10】



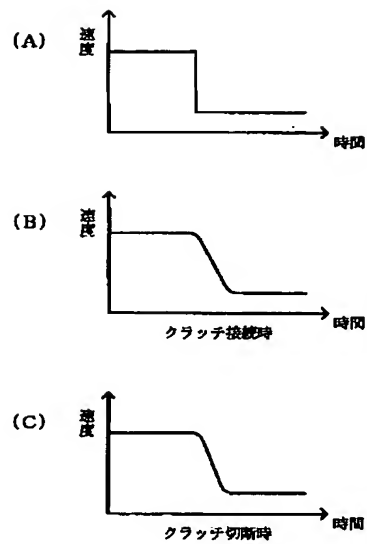
【図11】



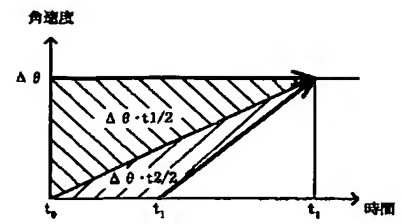
【図6】



【図7】



【図12】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4E089 EA01 EA04 EB01 EB02 EB05  
 EC05 ED02 EE01 FA03 FB05  
 FC01  
 4E090 AA01 AB01 BA02 BB01 BB03  
 CC01 EA01 EB01 GA02 GA06  
 HA01  
 5H550 AA18 DD01 DD06 FF02 FF04  
 GG03 JJ23 JJ25 LL07 LL36  
 MM01 PP01  
 5H572 AA20 BB06 DD01 DD07 EE01  
 FF01 FF03 GG02 GG04 HC07  
 JJ23 JJ25 LL07 LL22 LL33  
 MM01 PP01